

SKRIPSI

**PENGARUH VARIASI KOMPOSISI *FLY ASH*, *PERLITE*,
DENGAN TAMBAHAN *POLYPROPYLENE FIBER* TERHADAP
KRISTALINITAS DAN KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER
TIDAK DIBAKAR DAN DIBAKAR PADA TEMPERATUR
900°C**



Intelligentia - Dignitas

Disusun oleh:

Abdul Gani

1518620013

Disusun Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Dalam Mendapatkan Gelar
Sarjana Teknik

PROGRAM STUDI REKAYASA KESELAMATAN KEBAKARAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2025

LEMBAR PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI

Judul : PENGARUH VARIASI KOMPOSISI *FLY ASH*, *PERLITE*,
DENGAN TAMBAHAN *POLYPROPYLENE FIBER*
TERHADAP KRISTALINITAS DAN KUAT TEKAN
BETON GEOPOLIMER TIDAK DIBAKAR DAN
DIBAKAR PADA TEMPERATUR 900°C

Penyusun : Abdul Gani

NIM : 1518620013

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Fransisca Maria Farida, S.T., M.T.

NIP. 197612212008122002



Dr. Eko Arif Syaefudin, S.T., M.T.

NIP. 198310132008121002

Mengetahui,
Koordinator Program Studi

Rekayasa Keselamatan Kebakaran



Catur Setyawan Kusumohadi, M.T., Ph.D.

NIP. 197102232006041001

HALAMAN PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI

Judul : PENGARUH VARIASI KOMPOSISI *FLY ASH*, *PERLITE*,
DENGAN TAMBAHAN *POLYPROPYLENE FIBER*
TERHADAP KRISTALINITAS DAN KUAT TEKAN
BETON GEOPOLIMER TIDAK DIBAKAR DAN
DIBAKAR PADA TEMPERATUR 900°C.

Penyusun : Abdul Gani

NIM : 1518620013

Tanggal Ujian : 10 Juli 2025

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Fransisca Maria Farida, S.T., M.T.

NIP. 197612212008122002



Dr. Eko Arif Syaefudin, S.T., M.T.

NIP. 198310132008121002

Pengesahan Panitia Ujian Skripsi :

Ketua Penguji,

Sekretaris,

Dosen Ahli,



Dr. Ir. Triyono, M.Eng

NIP. 197508162009121001



Pratomo Setyadi, S.T., M.T.

NIP. 198102222006041001



Dr. Siska Titik Dwivati, M.T.

NIP. 197812122006042002

Mengetahui,
Koordinator Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran
Universitas Negeri Jakarta



Catur Setyawan Kusumohadi, M.T., Ph.D

NIP. 197102232006041001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Abdul Gani
Nomor Registrasi Mahasiswa : 1518620013
Tempat, Tanggal Lahir : Jakarta, 25 Juli 2001
Alamat : Jl. Pendidikan II RT.05 RW.09 Kelurahan
Pekayon Kecamatan Pasar Rebo Jakarta
Timur DKI Jakarta 13710

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Skripsi dengan judul **“Pengaruh Variasi Komposisi *Fly Ash*, *Perlite*, Dengan Tambahan *Polypropylene Fiber* Terhadap Kristalinitas dan Kuat Tekan Beton Geopolimer Tidak Dibakar dan Dibakar Pada Temperatur 900°C”** adalah karya ilmiah yang saya buat.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya dengan arahan Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II.
3. Karya tulis ilmiah ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasi orang lain, kecuali secara tertulis tercantum sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan pengarang.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan tidak benaran, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 10 Juli 2025
Yang Membuat Pernyataan,



Abdul Gani

NIM. 1518620013



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220
Telepon/Faksimili: 021-4894221
Laman: lib.unj.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Abdul Gani
NIM : 1518620013
Fakultas/Prodi : Teknik / Rekayasa Keselamatan Kebakaran
Alamat email : abdul.gani.ag2.ag@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Disertasi ☐ Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Pengaruh Variasi Komposisi Fly Ash, Perlite, dengan Tambahan Polypropylene
Fiber Terhadap Kristalinitas dan Kuat Tekan Beton Geopolimer
Tidak Dibakar dan Dibakar Pada Temperatur 900°C

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 29 Juli 2025

Penulis


(Abdul Gani)
nama dan tanda tangan

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah *Subhanahu Wa Ta 'ala* yang telah memberikan rahmat dan karunianya sehingga skripsi dengan judul **“Pengaruh Variasi Komposisi *Fly Ash*, *Perlite*, dengan Tambahan *Polypropylene Fiber* Terhadap Kristalinitas dan Kuat tekan Beton Geopolimer Tidak Dibakar dan Dibakar Pada Temperatur 900C”** dapat diselesaikan pada waktunya. Skripsi ini disusun dengan tujuan memenuhi penilaian mata kuliah skripsi, yang merupakan syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik di Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan laporan ini dapat diselesaikan berkat bantuan, petunjuk, arahan serta saran dari berbagai pihak yang telah berkenan memberikan pengarahannya dan bimbingan kepada penulis baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati, dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua saya, Ayahanda Soma, Ibunda Yuliani, adik M. Hilmi Firmansyah dan saudara-saudari yang senantiasa memberikan doa, semangat, serta dukungan moral dan material selama proses penyusunan skripsi.
2. Koordinator Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, Bapak Catur Setyawan Kusumohadi, M.T., Ph.D.
3. Ibu Fransisca Maria Farida S.T., M.T. selaku Dosen pembimbing ke-I yang telah membimbing penulis dalam melakukan penelitian skripsi.
4. Bapak Dr. Eko Arif Syaefudin S.T., M.T. selaku Dosen pembimbing ke-II yang telah membimbing penulis dalam melakukan penelitian skripsi.
5. Bapak Dr. Riza Wirawan, M.T., sebagai pihak yang telah membantu dalam pengujian XRD di Laboratorium Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi Institut Teknologi Bandung.
6. Siti Robi'ah Adawiah, Agung Juli Fachridan, Ehrlich Putra, Ariyan Fazari, Ahmad Fikri Syaiful, dan Muhammad Azhomi sebagai rekan sekelompok yang membantu dan menemani penulis.

7. Mohammad Taufan Tristanto yang telah membantu dalam penelitian skripsi.
8. Cinda Luthfiana Arifah yang selalu memberikan dukungan dan semangat dalam penelitian.
9. Laboratorium Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi Institut Teknologi Bandung sebagai tempat analisis karakteristik beton geopolimer menggunakan alat XRD.
10. Seluruh teman dari Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran angkatan 2020.

Jakarta, 10 Juli 2025



Abdul Gani

NIM. 1518620013



ABSTRAK

Abdul Gani, Fransisca Maria Farida S.T., M.T dan Dr. Eko Arif Syaefudin, S.T., M.T. **Pengaruh Variasi Komposisi *Fly Ash*, *Perlite*, dengan Tambahan *Polypropylene Fiber* Terhadap Fasa Kristal dan Kuat Tekan Beton Geopolimer Tidak Dibakar dan Dibakar Pada Temperatur 900°C.** Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta

Kebakaran merupakan bencana yang menyebabkan korban jiwa dan kerugian material. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem proteksi kebakaran pasif untuk menahan penyebaran api dengan fokus pada ketahanan struktur bangunan melalui kompartemen kebakaran. Beton konvensional berbahan dasar semen *portland* menghasilkan emisi CO₂ sebesar 5-8% dari total aktivitas manusia, sehingga diperlukan pengembangan material alternatif yang ramah lingkungan. Beton geopolimer dikembangkan sebagai pengganti semen *portland* dengan memanfaatkan material yang mengandung silika dan alumina tinggi serta memiliki ketahanan pada temperatur tinggi. Penelitian ini menggunakan komposisi *fly ash* dan *perlite* sebagai pengganti semen *portland* karena bersifat *pozzolan* dengan kandungan silika dan alumina tinggi, ditambahkan *polypropylene fiber* untuk meningkatkan kekuatan mekanik, serta larutan NaOH dan Na₂SiO₃ sebagai alkali aktivator. Material yang digunakan meliputi *fly ash* tipe F dari PLTU Pelabuhan Ratu, *perlite* dari Sumatera Barat, *polypropylene fiber* dari PT. SIKA, dan alkali aktivator larutan natrium hidroksida 6 molar. Penelitian dilakukan dengan 5 variasi komposisi *fly ash*, *perlite*, dan *polypropylene fiber* yang mengalami perlakuan curing selama 28 hari dalam kondisi tidak dibakar dan dibakar pada temperatur 900°C selama 2 jam. Pengujian meliputi kuat tekan menggunakan *compression testing machine* dan analisis karakteristik kristalinitas menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD). Hasil penelitian menunjukkan bahwa Komposisi 2 dengan rasio 75% *fly ash* : 25% *perlite* dan tambahan *polypropylene fiber* merupakan komposisi terbaik berdasarkan analisis ke-lima komposisi yang direncanakan.

Kata Kunci : Beton Geopolimer, Kuat Tekan, Perlindungan Api, XRD.

ABSTRACT

Abdul Gani, Fransisca Maria Farida S.T., M.T and Dr. Eko Arif Syaefudin, S.T., M.T. *Effect of Fly Ash, Perlite, and Polypropylene Fiber Composition Variations on the Crystal Phase and Compressive Strength of Unburned and Burned Geopolymer Concrete at 900°C*. Fire Safety Engineering, Faculty of Engineering, State University of Jakarta.

Fire is a disaster that causes both casualties and material losses. Therefore, a passive fire protection system is needed to prevent the spread of fire, focusing on the structural integrity of buildings through fire compartments. Conventional concrete based on Portland cement contributes 5–8% of total human-related CO₂ emissions, prompting the need for environmentally friendly alternative materials. Geopolymer concrete has been developed as a substitute for Portland cement by utilizing materials rich in silica and alumina and is known for its high-temperature resistance. This study uses a combination of fly ash and perlite as a substitute for Portland cement due to their pozzolanic properties and high silica and alumina content. Polypropylene fiber is added to enhance mechanical strength, while NaOH and Na₂SiO₃ solutions are used as alkaline activators. The materials used include Type F fly ash from the Pelabuhan Ratu power plant, perlite from West Sumatra, polypropylene fiber from PT. SIKI, and a 6-molar sodium hydroxide solution. Five different compositions of fly ash, perlite, and polypropylene fiber were prepared, with each sample undergoing 28 days of curing. The specimens were tested in two conditions: unheated and heated at 900°C for 2 hours. The tests included compressive strength using a compression testing machine and crystallinity analysis using X-Ray Diffraction (XRD). The results showed that Composition 2, with a ratio of 75% fly ash to 25% perlite and the addition of polypropylene fiber, was the optimal composition based on the analysis of the five planned mixtures.

Keyword; Geopolimer Concrete, Compressive Strength, Fire Proofing, XRD.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI	i
HALAMAN PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
KATA PENGANTAR.....	i
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Pembatasan Masalah	4
1.4 Rumusan Masalah	5
1.5 Tujuan Penelitian.....	5
1.6 Manfaat Penelitian	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 Landasan Teori	6
2.1.1 Beton	6
2.1.2 Beton Geopolimer	6
2.1.3 <i>Fly Ash</i>	8
2.1.4 <i>Perlite</i>	9
2.1.5 <i>Polypropylene Fiber</i>	10
2.1.6 Agregat Kasar.....	11
2.1.7 Agregat Halus.....	12
2.1.8 Larutan Natrium Hidroksida (NaOH)	12
2.1.9 Larutan Natrium Silikat (Na ₂ SiO ₃)	13
2.1.10 Air.....	13
2.1.11 Curing Beton Geopolimer	14

2.1.12 Uji Bakar Beton Geopolimer	14
2.1.13 Uji Kuat Tekan Beton Geopolimer.....	15
2.1.14 Alat <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	16
2.2 Penelitian Terdahulu.....	17
2.3 Kerangka Penelitian	20
2.4 Hipotesis Pemikiran	21
BAB III METODE PENELITIAN.....	22
3.1 Tempat, Waktu, dan Subjek Penelitian.....	22
3.2 Populasi dan Sampel Penelitian	22
3.2.1 Populasi	22
3.2.2 Sampel Penelitian.....	22
3.3 Metode, Rancangan, dan Prosedur Penelitian.....	23
3.3.1 Metode Penelitian.....	23
3.3.2 Rancangan Penelitian	24
3.3.3 Prosedur Penelitian.....	25
3.4 Pengujian Beton Geopolimer	26
3.4.1 Uji Bakar Beton Geopolimer	26
3.4.2 Uji Kuat Tekan Beton Geopolimer.....	26
3.4.3 Uji <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) Beton Geopolimer	27
3.5 Analisis Data	28
3.5.1 Analisis Kuantitatif	28
3.6 Instrumen Penelitian.....	31
3.6.1 Alat Penelitian	31
3.6.2 Bahan Penelitian.....	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1 Spesimen Uji Beton Geopolimer	41
4.2 Analisis Pengujian Beton Geopolimer	42
4.2.1 Uji Kuat Tekan Beton Geopolimer.....	42
4.2.2 Kristalinitas Pada Beton Geopolimer.....	43
4.2.3 Karakteristik Kristalinitas Bahan Utama Beton Geopolimer.....	46
4.3 Karakteristik Variasi Komposisi Beton Geopolimer.....	48
4.3.1 Komposisi 1	49

4.3.2 Komposisi 2	51
4.3.3 Komposisi 3	54
4.3.4 Komposisi 4	57
4.3.5 Komposisi 5	60
4.4 Pembahasan Karakteristik Beton Geopolimer	64
BAB V	67
5.1 Kesimpulan	67
5.2 Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN	73
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	85



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Kimia Polysiliate.	7
Gambar 2. 2 Proses polikondensasi yang terjadi akibat alkali menjadi poli(sialate-siloxo).	8
Gambar 2. 3 Tungku Uji Bakar.	15
Gambar 2. 4 Prinsip Dasar X-Ray Diffraction.	16
Gambar 2. 5 Kerangka Penelitian.	20
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.	24
Gambar 3. 2 Beton Geopolimer.	25
Gambar 3. 3 Tungku Pembakaran.	26
Gambar 3. 4 Alat Uji Kuat Tekan.	27
Gambar 3. 5 Alat X-Ray Diffraction.	28
Gambar 3. 6 Pemilihan Puncak-Puncak Pada Difaktrogram.	29
Gambar 3. 7 Pemilihan fasa kristal berdasarkan nilai FOM.	29
Gambar 3. 8 Tampilan hasil identifikasi fasa kristal pada aplikasi Match!.....	30
Gambar 3. 9 Tampilan data hasil identifikasi fasa kristal pada aplikasi Match! .	30
Gambar 3. 10 Sarung Tangan.	31
Gambar 3. 11 Timbangan Digital	31
Gambar 3. 12 Sekop.	32
Gambar 3. 13 Ember.	32
Gambar 3. 14 Bekisting.	33
Gambar 3. 15 Mesin Molen.	33
Gambar 3. 16 Kolam Curing.	34
Gambar 3. 17 Compression Testing Machine.	34
Gambar 3. 18 Gerinda.	35
Gambar 3. 19 Alat X-Ray Diffraction.	35
Gambar 3. 20 Fly Ash.	36
Gambar 3. 21 Perlite.	36
Gambar 3. 22 Polypropylene Fiber.	37
Gambar 3. 23 Larutan NaOH.	37
Gambar 3. 24 Natrium Silikat.	38
Gambar 3. 25 Kerikil.	38

Gambar 3. 26 Pasir.....	39
Gambar 3. 27 Air.	39
Gambar 3. 28 Oli.	40
Gambar 4. 1 Spesimen Beton Geopolimer	41
Gambar 4. 2 Grafik Hasil Nilai Kuat Tekan Beton Geopolimer	43
Gambar 4. 3 Difraktogram	44
Gambar 4. 4 Hasil Kristalinitas Beton Geopolimer Menggunakan XRD	45
Gambar 4. 5 Difraktogram Bahan Dasar Fly Ash	46
Gambar 4. 6 Rietveld Refinement Fly Ash.....	47
Gambar 4. 7 Difraktogram Bahan Dasar Perlite.....	47
Gambar 4. 8 Rietveld Refinement Perlite.....	48
Gambar 4. 9 Difraktogram Karakterisasi Beton Geopolimer Komposisi 1.	49
Gambar 4. 10 Rietveld Refinement Sampel Komposisi 1 Tidak Bakar	50
Gambar 4. 11 Rietveld Refinement Sampel Komposisi 1 Bakar	50
Gambar 4. 12 Difraktogram Karakterisasi Beton Geopolimer Komposisi 2	52
Gambar 4. 13 Rietveld Refinement Sampel Komposisi 2 Tidak Bakar	53
Gambar 4. 14 Rietveld Refinement Sampel Komposisi 2 Bakar	53
Gambar 4. 15 Difraktogram Karakterisasi Beton Geopolimer Komposisi 3	55
Gambar 4. 16 Rietveld Refinement Sampel Komposisi 3 Tidak Bakar	56
Gambar 4. 17 Rietveld Refinement Sampel Komposisi 3 Bakar	56
Gambar 4. 18 Difraktogram Karakterisasi Beton Geopolimer Komposisi 4	58
Gambar 4. 19 Rietveld Refinement Sampel Komposisi 4 Tidak Bakar	59
Gambar 4. 20 Rietveld Refinement Sampel Komposisi 4 Tidak Bakar	59
Gambar 4. 21 Difraktogram Karakterisasi Beton Geopolimer Komposisi 5	61
Gambar 4. 22 Rietveld Refinement Sampel Komposisi 5 Tidak Bakar	62
Gambar 4. 23 Rietveld Refinement Sampel Komposisi 5 Bakar	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Presentase senyawa Fly Ash menggunakan alat XRF	9
Tabel 2. 2 Presentase Senyawa Perlite Menggunakan Alat XRF.....	10
Tabel 2. 3 Penelitian Relevan.	17
Tabel 3. 1 Presentase Rasio Komposisi Variasi Beton Geopolimer Tidak Dibakar dan Dibakar.	23
Tabel 4. 1 Nilai Kuat Tekan Beton Geopolimer	42
Tabel 4. 2 Presentase Kristalinitas	45
Tabel 4. 3 Presentase Komposisi Fly ash dan Perlite	48
Tabel 4. 4 Presentase Pengujian XRD Sampel Komposisi 1	51
Tabel 4. 5 Presentase Pengujian XRD Sampel Komposisi 2	54
Tabel 4. 6 Presentase Pengujian XRD Sampel Komposisi 3	57
Tabel 4. 7 Presentase Pengujian XRD Sampel Komposisi 4	60
Tabel 4. 8 Presentase Pengujian XRD Sampel Komposisi 5	63
Tabel 4. 9 Kristalinitas, Mineral Kristal, Kuat Tekan Kelima Variasi Komposisi Beton Geopolimer	64

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Berat Komposisi Beton Geopolimer.....	73
Lampiran 2. Kalibrasi Alat Compression Tersting Machine dan X-Ray Diffraction	75
Lampiran 3. Dokumentasi Pembuatan dan Pengujian Beton Geopolimer.....	78
Lampiran 4. Sertifikat Akreditasi Lab. PPNN ITB	80
Lampiran 5. Informasi Penggunaan Alat XRD	81
Lampiran 6. Sampel Beton Geopolimer Pengujian Alat XRD.....	82
Lampiran 7. Persentase Fase Kristal Kelima Variasi Komposisi Beton Geopolimer	83

